

# 居住区多级多尺度“GIS+BIM”蓄排平衡建设模式研究

## ——以棘洪滩项目为例

徐福龙<sup>1</sup>, 姚志强<sup>2</sup>, 刘广文<sup>3</sup>, 刘欣<sup>3</sup>, 张荣辰<sup>3</sup>, 孙庆霞<sup>3</sup>, 柴琦<sup>3</sup>

1. 中铁建设集团中原建设有限公司, 河南 郑州 450000
2. 山东富尔工程咨询管理有限公司荣成分公司, 山东 荣成 264300
3. 山东城市建设职业学院, 山东 济南 250103

DOI: 10.61369/SSSD.2025160003

**摘要** 近年来由于居住区蓄排平衡建设不周, 因降雨导致的内涝频繁, 甚至出现雨水倒灌地下室的严重问题, 严重影响了人们的日常生活。居住区多级多尺度“GIS+BIM”蓄排平衡建设模式从内外大平衡、内部小平衡和建筑自平衡进行居住区的蓄排平衡分析, 采用GIS和BIM技术从大尺度的小流域、中尺度的居住区和小尺度的单体建筑三个维度提供良好的内涝预防方法, 可以预防域外径流、居住区径流造成的内涝, 是一种具有潜力的内涝防治措施。

**关键词** 居住区; 多级; 多尺度; GIS; BIM; 蓄排平衡

## Research on a Multi-level and Multi-scale "GIS+BIM" Integrated Construction Model for Residential Area Drainage Balance A case study in C Plot of Jihongtan QingDao

Xu Fulong<sup>1</sup>, Yao Zhiqiang<sup>2</sup>, Liu Guangwen<sup>3</sup>, Liu Xin<sup>3</sup>, Zhang Rongchen<sup>3</sup>, Sun Qingxia<sup>3</sup>, Chai Qi<sup>3</sup>

- 1.China Railway Construction Group Central Plain Construction Co., Ltd., zhengzhou, Henan 45000
- 2.Shandong Fuer Engineering Consulting &Management Co., Ltd., Rongcheng Branch, Rongcheng, Shandong 264300
- 3.Shandong Urban Construction Vocational College, Jinan, Shandong 250103

**Abstract** : In recent years, due to inadequate construction of drainage balance in residential areas, frequent urban flooding caused by rainfall has occurred, even leading to severe issues such as basement water backflow, significantly impacting daily life. The multi-level, multi-scale "GIS+BIM" drainage balance construction model analyzes residential drainage balance from three dimensions: external-large balance, internal-small balance, and building self-balance. By utilizing GIS and BIM technologies, it provides effective flood prevention methods across three scales—small watersheds, residential areas, and individual buildings. This approach can prevent urban flooding caused by external runoff and residential runoff, making it a promising measure for flood control.

**Keywords** : residential area; multi-level; multi-scale; GIS; BIM; storage and drainage balance

## 引言

随着全球气候变暖和城市化进程的推进, 极端降水天气频出, 严重影响人民生活与安全。同时, 随着城市开发建设, 居住区硬化面积逐年增多, 自然空间调蓄面积萎缩, 尽管部分地区采取提高管网重现期设计标准等措施, 但由于缺乏宏观分析(小流域级别)和微观(单体建筑层次)措施, 内涝依然频发, 甚至不少居住区车库被雨水倒灌的情形时有发生, 造成的经济损失很大。基于此, 开展提高城市韧性的宏观分析和微观措施研究势在必行, 多级多尺度“GIS+BIM”蓄排平衡建设模式是提高城市韧性的一项探索。

## 一、居住区多级多尺度蓄排平衡概念及方法

### (一) 蓄排平衡概念

蓄排平衡是城市排水防涝系统设计中的核心概念, 通过统筹雨水径流组织与排水设施布局, 实现雨水在源头滞蓄、过程调控和末端排放的动态平衡。蓄排平衡应进行多级多尺度的预防措施。

居住区蓄排平衡是在流域内任一居住区域、一定时段内, 居住区内的蓄水量变化  $\Delta W$  等于输入居住区域的天然水量之和  $I$  与从居住区输出的天然水量  $O$  之差。即

$$\Delta W=I-O \quad (1)$$

输入居住区的天然水量之和  $I$  包括降水量  $P$ 、水汽凝结量  $E1$ 、地面径流流入量  $Rs1$  和地下径流流入量  $Rg1$ 。由居住区输出的水量  $O$ , 包括区域总蒸散量  $E2$ 、地面径流流出量  $Rs2$ 、地下

径流流出量  $R_{g2}$  和积蓄水量  $q$ 。时段初、末区域内蓄水量分别为  $W_1$ 、 $W_2$ 。水量平衡方程为

$$\Delta W = W_2 - W_1 = (P + E_l + R_{s1} + R_{g1}) - (E_s + R_{s2} + R_{g2} + q) \quad (2)$$

居住区多级多尺度蓄排平衡的考虑小流域级别的内外大平衡、居住区内部蓄排小平衡和建筑蓄排自平衡三个尺度。

## (二) 蓄排平衡方法

居住区多级多尺度“GIS+BIM”蓄排平衡建设模式共分三级三个尺度。内外大平衡是第一级、大尺度的蓄排平衡，属小流域级的蓄排平衡，主要考虑小流域内的地表径流汇集对居住区的影响，避免客水对居住区的影响。内部小平衡是第二级、中尺度的蓄排平衡，属居住区内的整体蓄排平衡，主要考虑降水后对居住区内的径流进行消减或蓄流，避免降水造成居住区的内涝。建筑自平衡是第三级、小尺度的蓄排平衡，属单体建筑的径流削减，主要考虑在单体建筑范围内对径流进行削减和拦截。

内外大平衡收集小流域的区域历史洪水资料、区域气象及降水资源和区域地形地貌资料，根据上述资料进行小流域径流及洪水分析，形成根据居住区周边气象和水文条件的初步的区域防洪排涝规划。内外大平衡一般要考虑降水和汇流，需要借助 GIS 系统完成数据的采集和分析。常见的 GIS 系统包括各种地图网站、专业 GIS 网站和单位开发的 GIS 系统。

内部小平衡是在内外大平衡的基础上，根据居住区排水规划和居住区用的规划，进行居住区的蓝绿空间规划，对居住区的蓝绿空间蓄排平衡进行分析，输出水景、下沉绿地、透水地面和绿地的分析结果。内部小平衡一般借助 BIM 进行分析，可以精确、快速完成蓝绿空间的规划和统计。

建筑自平衡是对单体建筑范围降水进行分析，规划单体建筑的蓝色空间和绿色空间，蓝色空间包括下沉绿地、储水构筑物和排水口，绿色空间包括透水地面和绿地。建筑自平衡需要使用 BIM 进行分析，可以精确完成下沉绿地、储水构筑物、排水口、透水地面和绿地的布置。

## 二、结果分析

### (一) 棘洪滩项目概况

棘洪滩境域位于青岛市城阳区西北部，总面积 70.6 平方公里，属洼地平原<sup>[1-2]</sup>。棘洪滩街道棘洪滩项目总用地面积约 4.4 万平方米，总建筑面积约 16.2 万平方米；拟建 19 栋高层住宅、商业网点、物业大堂及物业公用房。地下一层为车库和设备房。住宅为剪力墙结构，其他建筑为框架结构。地下防水等级 I、II 级<sup>[3-4]</sup>。项目距棘洪滩水库直线距离约 3.5km，距最近的海岸线直线距离大约 9.5km，距最近的河道（羊毛沟）距离大约 490m，距离锦湖公园水面大约 820m。

项目设计年径流总量控制率为 77.2%，对应的设计降雨量为 30.1mm。项目下垫面包括硬质屋顶、绿地、下沉式绿地、透水铺装、不透水铺装。下沉式绿地下凹深度为 150mm。

### (二) 内外大平衡分析

棘洪滩境域属暖温型半湿润性气候，历史上旱、涝、风、

雹、虫、冻、海啸等多种自然灾害时有发生。据清同治版《即墨县志》、《胶澳志》、《增修胶志》、《崂山县志》、棘洪滩街道农业服务中心、青岛海玉制盐有限公司等历年降水纪录，自清乾隆十四年（1749 年）到 2010 年 12 月，危及棘洪滩地域的自然灾害达 190 次之多<sup>[5-7]</sup>。在自然灾害发生的年份中，大旱年份占 22.9%、涝灾年份占 32.9%。据此，可以算得平均 4.17 年发生一次涝灾。

棘洪滩境域地处滨海沿岸的海退地带，地势西南高，东北低，自西南向东北倾斜，自然坡度南北 10‰、东西 8‰，摩天岭等为岭埠，局部低洼，中、西、北部为平原洼地，东南部系半丘陵、半洼滩涂及盐区，最高海拔 20 米左右。

棘洪滩境域属基岩风化构造裂隙孔隙水组。因属波状平原区，含水层多呈风化裂隙及断裂带构造裂隙，风化层厚度在 8 ~ 15 米。由于水文地质条件不同，含水层及地下水分布有着明显的差异<sup>[8-10]</sup>。

根据收集的资料，可以得出结论，项目所在地周边的海拔高度没有明显变化，由外部流入项目的径流可以忽略。

### (三) 流域水量平衡方程式

对闭合流域在无跨流域引水时，没有地面、地下流入量，即  $R_s=0, R=0$ 。同时某时段内流域上产生的地面、地下径流量都从流域出口断面流出，故令  $R=R + R_s$ ，称径流量。令  $E=E-E_s$ ，称为流域净蒸散发量。若不计流域内用水量，代入通用的水量平衡方程式（2）可得到闭合流域的水量平衡方程为

$$P - (E + R) = W_2 - W_1 = \Delta W \quad (3)$$

### (四) 内部小平衡分析

内部小平衡是对居住区的蓝绿空间蓄排平衡进行设计，输出水景、下沉绿地、透水地面和绿地的设计结果。

设计降雨量为 30.1mm。为准确分析实际的下垫面面积，采用 BIM 技术对小区屋顶及铺装进行建模。在 BIM 模型中对下垫面模型进行提取，得到屋面 9624.43 m<sup>2</sup>、绿地 12221.12 m<sup>2</sup>、下沉绿地 2510.88 m<sup>2</sup>，透水铺装 16673.21 m<sup>2</sup>、不透水铺装 6335.15 m<sup>2</sup>。下沉绿地的蓄水量计算如下：

$$2510.88 \times 0.15 = 376.63 m^3 \quad (4)$$

居住区的径流总量计算如下。

$$9624.43 \times 0.9 + 12221.12 \times 0.15 + 2510.88 \times 0.15 + 16673.21 \times 0.2 + 6335.15 \times 0.19 \times 0.0301 = 599.23 m^3 > 376.63 m^3 \quad (5)$$

需要增加蓄水量。

蓄水量差：

$$599.23 - 376.63 = 222.6 m^3 \quad (6)$$

因此，内部小平衡需要在原设计的基础上进一步完善。目前项目已经采用了绿地、透水地面和下沉绿地的设计，从小区的功能和使用方面考虑，可以增加水景，水景池的面积和深度以达到蓄水蓄水量不小于 222.6 m<sup>3</sup> 为标准，蓄水 0.5m，面积不小于 450 m<sup>2</sup>。此外，也可以增加下沉绿地的面积，增加的下沉绿地面积可以取 222.6 / 0.15 = 1484 m<sup>2</sup>。

### (五) 建筑自平衡分析

建筑自平衡是对单体建筑范围降水进行分析，规划和设计单

体建筑的蓝色空间和绿色空间。本项目的单体建筑周边，均设计有透水铺装和绿地（部分还有蓄水绿地），雨水管在地面断接，雨水落地后，进入绿地或透水铺装，雨量过大时，由绿地或透水铺装溢流进入市政管网。

### 三、结论

在居住区蓄排平衡设计时，采用 GIS 进行内外大平衡分析，可以通过地形地貌分析，充分了解和掌握地面径流流入量  $R_{s1}$  和地下径流流入量  $R_{g1}$ 、地面径流流出量  $R_{s2}$ 、地下径流流出量  $R_{g2}$  和积蓄水量  $q$ ，为保证居住区的蓄排平衡进行宏观决策。为了避免过境水进入，可以采取挡水构筑物或周边设置防洪沟等导流措施。在棘洪滩项目中，因周边地形地貌均平坦，可以省去这项

投资<sup>[11-13]</sup>。

采用 BIM 进行居住区内部小平衡分析，可以直接统计和修改下垫面的材质、数量，并借助公式直接提取分析结果，以保证居住区内部的小平衡。

采用 BIM 进行建筑建模，进行建筑自平衡分析，对单体建筑范围降水进行分析，规划和设计单体建筑的蓝色空间和绿色空间<sup>[14-15]</sup>。设计雨水在建筑物周边的排放，营造良好的建筑环境。

综上所述，居住区多级多尺度“GIS+BIM”蓄排平衡建设模式可以从小流域范围、居住区范围和单体建筑范围对居住区的蓄排平衡进行规划、分析和设计，是增强城市韧性的系列措施。采用居住区多级多尺度“GIS+BIM”蓄排平衡建设模式，可以有效避免居住区的涝灾，给居民提供一个良好的生活环境。

### 参考文献

- [1] 山东省青岛市城阳区棘洪滩街道志编撰委员会. 棘洪滩街道志 [M]. 北京: 方志出版社, 2018.11.
- [2] 百度百科: <https://baike.baidu.com/item/%E6%A3%98%E6%B4%AA%E6%BB%A9%E8%A1%97%E9%81%93/2275550>
- [3] 赵维军, 孙世霞, 王浩. 青岛市水资源现状及规划配置分析 [J]. 山东水利, 2022, (07):1-3.
- [4] 祁丽艳. 城市水韧性评价与规划的理论及实践 -- 以青岛市为例 [D]. 山东: 青岛理工大学, 2023.
- [5] 郑渝莹, 于格, 江文胜. 城市气候适应针对性研究 —— 以青岛市风暴潮淹没风险为例 [J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2022, 52(7): 30-38.
- [6] 马艳, 郭丽娜, 郝燕. 1949—2020年影响青岛的热带气旋气候特征 [J]. 海洋科学, 2022, 46(1): 44-55.
- [7] 胡萌, 盛英武. 青岛年降水量和水资源量变化特征研究 [J]. 水文, 2022, 42(1): 103-108, 28.
- [8] 吴思, 陈雄志, 周俊兆. 基于城市内涝防控的用地竖向控制规划研究 —— 以武汉市主城区为例 [C]// 中国城市规划学会工程规划学术委员会. 城市基础设施高质量发展 —— 2019 年工程规划学术研讨论文集 (下册). 武汉市规划研究院; 武汉市自然资源和规划局; 武汉市规划设计有限公司; , 2019: 202-216.
- [9] 黄屹, 楼诚, 于搏海, 等. "蓄排平衡" 理念下的雨水管渠设计 [J]. 中国市政工程, 2020, (05): 49-52+116.
- [10] 陈诗扬, 程小文. 提升防涝韧性的城市调蓄空间量化方法研究 [J]. 中国给水排水, 2022, 38(12): 132-138.
- [11] 粟玉鸿, 李帅杰, 宗晶. 海绵城市理念下的老城排水防涝系统化治理实践 —— 以武汉青山海绵试点区为例 [J]. 给水排水, 2023, 59(S1): 644-648.
- [12] 葛晓光, 李子阳, 张建良, 等. 基于 "蓄排平衡" 的城市市政 - 水利综合排涝探究与实践 [J]. 净水技术, 2024, 43(11): 141-147.
- [13] 于志强, 孙宝权. 青岛市棘洪滩水库水源地水质变化趋势分析 [J]. 城镇供水, 2025, (05): 35-41.
- [14] 徐贤. 棘洪滩水库感知体系建设探索与实践 [J]. 水利建设与管理, 2025, 45(07): 70-74.
- [15] 徐彩云. 棘洪滩城中村改造项目 PPP 融资风险评估与应对研究 [D]. 青岛理工大学, 2024.